

Prof. dr hab. inż. Paweł Drożdziel
Katedra Zrównoważonego Transportu
i Źródeł Napędu
Wydział Mechaniczny
Politechnika Lubelska
ul. Nadbystrzycka 36
20- 618 Lublin
p.drozdziel@pollub.pl

Lublin, 14.11.2024 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Armando Miguel Rilo Cañas pt.:
*„Koncepcja wydłużenia czasu użytkowania zestawów kołowych
w elektrycznych zespołach trakcyjnych”*

1. Wprowadzenie

Recenzję rozprawy doktorskiej wykonano na podstawie pisma nr RD/d/41/01/2024 z dnia 29 października 2024 r. prof. dra hab. inż. Jacka Pielechy Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Poznańskiej

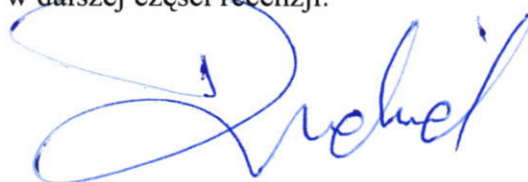
2. Charakterystyka rozprawy

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska Pana mgr inż. Armando Miguel Rilo Cañas pt.: *„Koncepcja wydłużenia czasu użytkowania zestawów kołowych w elektrycznych zespołach trakcyjnych”* liczy 186 stron tekstu. W skład rozprawy wchodzi: streszczenie w języku polskim i angielskim, wykaz ważniejszych oznaczeń i symboli, wprowadzenie, 8 rozdziałów merytorycznych, podsumowanie pracy, literatura oraz 2 załączniki.

Wykaz cytowanej w rozprawie doktorskiej literatury wynosi 141 pozycji, w tym: 22 pozycje dotyczące regulacji formalno-prawych i norm oraz 14 źródeł informacji pozyskanych z Internetu. W wykazie literatury przywołano 19 artykuły opublikowane w czasopismach zagranicznych oraz 25 artykuły z czasopism krajowych. Znajdujemy także 22 krajowych oraz 1 zagraniczną monografię. Doktorant umieścił w wykazie czasopism 1 artykuł, w którym jest współautorem.

Przedstawiona analiza przywoływanej przez Autora rozprawy literatury wskazuje, że oparł On swoje rozważania teoretyczne oraz badania eksperymentalne na aktualnej literaturze zagadnienia dotyczącej eksploatacji oraz oceny zużycia zestawów kołowych elektrycznych zespołach trakcyjnych.

Uwagi krytyczne dotyczące recenzowanej rozprawy doktorskiej, zawierającej: 153 rysunki, 58 tabel oraz 59 wzorów przedstawiono w dalszej części recenzji.



2.1. Wybór tematu i zakres pracy

Doktorant w swojej rozprawie doktorskiej bardzo dokładnie przedstawił i omówił, powody dla których zajął się opracowaniem koncepcji wydłużenia czasu użytkowania zestawów kołowych w elektrycznych zespołach trakcyjnych pojazdów szynowych. Według Autora podjęta tematyka wynika z faktu ograniczenia kosztów oraz podniesienia komfortu i bezpieczeństwa transportu kolejowego stanowiącego podstawę krajowego zintegrowanego systemu przewozowego osób i ładunków. Jest to istotne w świetle opracowanej przez rząd polski *Strategii Zrównoważonego rozwoju Transportu do 2030* opartej o finansowanie ze środków krajowych, ale przede wszystkim funduszy europejskich.

Doktorant w celu realizacji postawionych celów rozprawy przeprowadził szereg prac koncepcyjnych i symulacyjnych oraz co jest najważniejsze badań eksperymentalnych w warunkach rzeczywistej eksploatacji zestawów kołowych elektrycznych pojazdów szynowych. Wykonane przez Autora działania obejmowały ocenę oraz modelowanie zużycia kół i tarcz hamulcowych wybranych pojazdów szynowych, a także opracowanie i porównanie czterech koncepcji zarządzania zmianami zestawów kołowych tych środków transportu podczas rzeczywistej ich eksploatacji.

Biorąc pod uwagę zakres dokonanych oraz opisanych przez Autora rozważań literaturowych, symulacji komputerowych oraz wielostronnych badań pojazdów szynowych w warunkach rzeczywistych przejazdów stwierdzam, że zostały one przeprowadzone właściwie i zgodnie z zasadami dociekań naukowych, zaś temat rozprawy doktorskiej mieści się w zakresie dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

2.2. Ogólna charakterystyka pracy

W rozdziale doktoratu pt. *Wprowadzenie* Autor wyjaśnił, dlaczego podjął się tematyki związanej z oceną zużycia kół i tarcz hamulcowych oraz opracowaniem koncepcji zarządzania zestawami kołowymi elektrycznych zespołami trakcyjnymi pojazdów szynowych.

Pierwszy numerowany rozdział pt. *Zużycie w styku koło-szyna* to syntetyczny, bardzo dobrze wykonany, przegląd aktualnej literatury dotyczącej procesów tarcia i zużycia występujących w parze tribologicznej koło-szyna.

W rozdziale drugim rozprawy zatytułowanym *Procesy obsługowo-naprawcze pojazdów szynowych* Autor rozprawy omówił bardzo dokładnie procesy obsługowo-naprawcze stosowane w różnych strategiach eksploatacyjnych kolejowych środków transportu.



W kolejnym rozdziale pt. *Badania rozpoznawcze zużycia kół pojazdu EN97* Autor przedstawił genezę i metodykę przeprowadzonych przez Niego badań w warunkach rzeczywistych wraz z analizą uzyskanych na ich podstawie wyników oceny zużycia średnicy kół zestawów kołowych pojazdu EN97.

Podobnie Doktorant postąpił w czwartym rozdziale rozprawy pt. *Badania rozpoznawcze zużycia kół i tarcz hamulcowych pojazdów EN79*, w którym opisał wyniki zużycia kół oraz tarcz hamulcowych innego kolejowego środka transportu. Należy podkreślić, że rozdziały trzy i cztery zakończone są bardzo dobrze opracowanym syntetycznym podsumowaniem uzyskanych wyników badań eksploatacyjnych.

W kolejnym rozdziale pt. *Sformułowanie własnej problematyki badawczej* Doktorant przedstawił tezę i cele pracy oraz zadania badawcze niezbędne do ich realizacji.

W rozdziale szóstym rozprawy zatytułowanym *Koncepcje zarządzania zestawami kołowymi* Autor przedstawił i omówił 4 koncepcje związane ze zmianą miejsca poszczególnych zestawów kołowych lub wózków mające na celu wydłużenie czasu ich użytkowania w pojeździe szynowym.

Rozdział siódmy pt. *Ocena zaproponowanych koncepcji zarządzania zestawami kołowymi* to porównanie opisanych wcześniej koncepcji migracji zestawów kołowych lub wózków w kolejowym środku transportu.

W rozdziale ósmym zatytułowanym *Przykład zastosowania koncepcji* Doktorant przedstawił obiekt badań dla którego przeprowadził badania wskazujące, że metoda migracji zestawów kołowych w całym pojeździe zwiększa czas eksploatacji zestawu kołowego.

W ostatnim rozdziale pt. *Podsumowanie pracy* Autor rozprawy zaprezentował wnioski naukowe i praktyczne opracowane na podstawie przeprowadzonych przez Siebie eksperymentów związanych z oceną zużycia zestawów kołowych i tarcz hamulcowych wielocłonowych elektrycznych zespołów trakcyjnych. W tym rozdziale Doktorant wskazał jaką koncepcja zarządzania zestawami kołowymi wykazuje największe wydłużenie czasu użytkowania kolejowego środka transportu. Zaproponował także kierunki dalszych prac badawczych.

2.3. Teza oraz cele naukowe i uytylitarne pracy doktorskiej

Doktorant zaproponował w doktoracie następującą tezę *Możliwe jest wydłużenie czasu użytkowania i wydłużenie przebiegu pojazdu szynowego poprzez odpowiednie zarządzanie zestawami kołowymi w systemie ich eksploatacji oparte o wybrane charakterystyki ich zużycia.*



Celami naukowymi recenzowanej pracy doktorskiej było:

1. *Wyznaczenie charakterystyk zużyciowych zestawów kołowych przy znanych warunkach brzegowych,*
2. *Opracowanie modeli do oceny stanu zestawów kołowych pojazdu szynowego.*

Celami utylitarnymi według Doktoranta było:

1. *Opracowanie metodyki oceny zestawów kołowych w procesie eksploatacji pojazdów szynowych,*
2. *Opracowanie algorytmów obsługowych dla zarządzania zestawami kołowymi w celu wydłużenia czasu użytkowania pojazdów szynowych.*

Należy stwierdzić, że cele naukowe i utylitarne oraz postawiona teza zostały właściwie sformułowane, a także zweryfikowane i udowodnione przez Doktoranta w ramach wielu działań obejmujących:

1. *Wyznaczenie zależności między parametrami geometrycznymi opisującymi profil zestawu kołowego w zależności od przebiegu pojazdu.*
2. *Wyznaczenie zależności między grubością tarcz hamulcowych wybranych pojazdów szynowych od ich przebiegu.*
3. *Zastosowanie regresyjnych modeli diagnostycznych zmiany średnicy koła i grubości tarcz hamulcowych do prognozowania przebiegu pojazdu szynowego.*
4. *Zastosowanie regresyjnych modeli diagnostycznych zużycia średnicy koła i grubości tarcz hamulcowych do prognozowania przebiegu pojazdu szynowego.*
5. *Opracowanie koncepcji zarządzania zestawami kołowymi w procesie ich obsługi w celu wydłużenia czasu użytkowania pojazdu i wydłużenia przebiegu pojazdu.*
6. *Opracowanie strategii obsługi pojazdów szynowych w zakresie zarządzania zestawami kołowymi w procesie ich utrzymania dla wydłużenia czasu użytkowania.*
7. *Zastosowanie regresyjnych modeli diagnostycznych zmiany średnicy koła i grubości tarcz hamulcowych dla każdej analizowanej koncepcji zarządzania zestawami kołowymi do prognozowania czasu użytkowania pojazdu szynowego.*
8. *Zastosowanie regresyjnych modeli diagnostycznych zmiany średnicy koła i grubości tarcz hamulcowych dla każdej analizowanej koncepcji zarządzania zestawami kołowymi do prognozowania przebiegu pojazdu szynowego.*



2.4. Metodyka i obiekty badań

Obiektami, bardzo dokładnie opisanymi w rozprawie doktorskiej, przeprowadzonych badań eksploatacyjnych dotyczących oceny zużycia kół zestawów kołowych oraz zużycia kół i tarcz hamulcowych były pojazdy szynowe EN97 i EN76. W celu praktycznego sprawdzenia zaproponowanej przez Doktoranta koncepcji zarządzania wymianą zestawów kołowych i wózków przeprowadzono także badania przebiegowe pojazdu szynowego EN57AL. Przy czym zastosowana metodyka badań wyżej wymienionych środków transportu pozwoliła na uzyskanie wiarygodnych wyników oceny zużycia badanych elementów maszynowych.

Chciałbym także w tym miejscu pochwalić Doktoranta za właściwie przygotowany oraz zrealizowany zakres prac i badań wykonanych w celu realizacji założonych celów naukowych i użytecznych oraz udowodnienia postawionej tezy. Z pewnością wymagało to od Badacza osobistego zaangażowania, co pozwala stwierdzić, że potrafi On rozwiązywać złożone problemy naukowo-techniczne.

2.5. Oryginalność pracy

Oryginalną wartością recenzowanej rozprawy doktorskiej było opracowanie Autorskiej koncepcji wydłużenia czasu użytkowania zestawów kołowych w elektrycznych zespołach trakcyjnych opartej o zmiany miejsca poszczególnych zestawów kołowych lub całych wózków w kolejowym środku transportu.

Jest to istotne z punktu widzenia dążenia przez przewoźników kolejowych do obniżenia kosztów obsługi i napraw elektrycznych zespołów trakcyjnych oraz podniesienia komfortu i bezpieczeństwa tego rodzaju transportu.

3. Uwagi krytyczne

3.1. Uwagi o charakterze edycyjnym

Po pierwsze w tekście rozprawy występują liczne błędy łamania tekstu. Dla przykładu tzw. „wiszące litery” znajdują się na stronach: 5, 9-12, 21, 39, 60, 88 104, 142, ale także w wielu innych miejscach. Zaś tzw. „wiszące wiersze” można znaleźć na stronach 13, 19, 24, 37, 42, 49, 59, 70, 80, 84, 93, 110, 119, 158 itd.

Kolejny zbiór uwag o charakterze edycyjnym dotyczy błędów językowych i stylistycznych występujących w recenzowanej rozprawie doktorskiej.

Dla przykładu na stronie 10 możemy przeczytać *Przeanalizowano wszystkie zaproponowane koncepcje w zakresie kosztowym, organizacyjnym i technicznym.*



Kolejnym przykładem błędów językowych jest zdanie *Toczący się zestaw kołowy po szynie jest złożonym przykładem tarcia, zgodnie z rysunkiem 1.1 występuje większa część przypadków rodzaju tarcia znajdujące się pod rysunkiem 1.1 ze strony 12.*

Kolejna moja uwaga związana ze stylem dotyczy pierwszego zdania w ostatnim akapicie na stronie 40 *Na podstawie badań [59] stwierdzono, że wiek obiektów technicznych nie jest jedynym wyznacznikiem zawodności zważywszy, że maszyny i pojazdy są coraz bardziej złożone konstrukcyjnie.*

Na stronie 76 w drugim akapicie możemy przeczytać *W przypadku grubości tarcz hamulcowych ocenianych w czasie przeglądów okresowych poziomu P2 w zakresie wymiaru maksymalnego i minimalnego, analizując wyniki liczebności i częstości względnej wymiaru max i min co zawarto w tabeli 4.7 oraz na rysunku 4.9 stwierdzono, że tendencja w zużyciu jest odwrotna jak miało to miejsce w przypadku średnicy D kół zestawów kołowych.* Trudno czytelnikowi jest zrozumieć to zdanie.

Na stronie 90 (7 wiersz od góry) występuje *W niektórych przypadkach jak zużycie tarcz hamulcowych wykorzystano modele liniowe.* Jest tu oczywisty błąd językowy. Mam też pytanie do Autora, dlaczego uważa On, że można do opisu zużycia tarcz hamulcowych stosować liniowe modele?

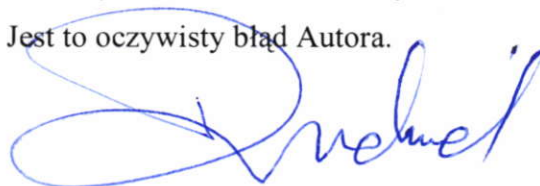
Kolejne zdania z błędem stylistycznym możemy odnaleźć na stronie 100 po tezę pracy *W pracy doktorskiej planuje się ze względu na autorską koncepcję uwzględniającą zjawisko zużycia zestawów kołowych w obszarze kół i tarcz hamulcowych zarządzanie zestawami kołowymi dla wydłużenia czasu użytkowania pojazdu.* Czy na początku strony nr 103 *Zebrane doświadczenie z eksploatacji pojazdów od roku 2012 kiedy kierowane były do ruchu planowego dostawca układu hamulcowego wprowadził na rynek tarcze dzielone.*

Pragnę także zauważyć, że w recenzowanej pracy doktorskiej występują błędy związane z prezentowanymi rysunkami, wzorami czy tabelami.

Dla przykładu na rysunku 1.10 ze strony 20 znajdują się oznaczenia C_1 i C_2 , zaś w opisie, który znajduje się na stronie 21 znajdujemy oznaczenia C i C_1 .

Na dole strony 70 możemy przeczytać *Natomiast na rysunku 4.8 przedstawiono.....* Wg mnie chodzi chyba o rysunek 4.7. Podobna uwaga dotyczy strony 71, gdzie znajduje się błędne odwołanie do rysunku 5.7 (6 linijka tekstu pod rysunkiem 4.7), a nie do 4.7.

Na stronie 81 pod rysunkiem 4.15 czytamy *Na podstawie danych zebranych z pomiarów średnicy kół, dla pojazdu EN76 026 obliczono zużycie kół prawych, co przedstawiono grupami dla wszystkich wózków na rysunkach 5.15-5.19. Rysunki 4.14-4.19 zamieszczono w załączniku A niniejszej pracy.* Jest to oczywisty błąd Autora.



Podobny błąd związany jest z numerem rysunku ze strony 99. Jest to numer 4.1, a powinien być 5.1. Wg mnie rysunek 8.6 powinien dotyczyć kół tocznych, zaś rysunek 8.7 kół napędowych.

W tabeli 4.1. na stronie 67 w kolumnie *Jednostka* znajdują się jakieś liczby. Uważam, że w tabeli 4.8 należałoby przyjąć inne jednostki np.: [cm/10 tys. km] a nie [mm/km]?

W mojej opinii w *Wykazie ważniejszych oznaczeń i symboli* powinny być podane jednostki dla wszystkich wykazanych wielkości fizycznych. Nie opisano np.: takich wielkości jak: T_{ST} , T_K czy M_t znajdujących się na stronie 14. Widoczny jest też brak konsekwencji w przyjętych oznaczeniach. W wielu wzorach na przykład (1.1), (1.2), (1.4) (1.5), (1.6), (1.10) czy rysunkach (1.3), (1.5), (1.6) do oznaczenia siły tarcia użyto litery T , którą także oznacza się grubość tarcz hamulcowych. W *Wykazie ważniejszych oznaczeń i symboli* literą t_a oznacza się także wielkość fizyczną jaką jest temperatura, co wykorzystano we wzorze (1.15).

Na stronie 87 Autor rozprawy napisał *Wówczas szybkość zużywania się kół SZu^{poly} opisuje funkcja (5.7)*, chcę zauważyć, że wzór, do którego występuje to odwołanie ma nr (4.7).

Inne błędy językowe oraz moje uwagi dotyczące rysunków, wzorów czy tabel zostały zaznaczone w tekście recenzowanej rozprawy oraz przekazane Autorowi.

3.2. Uwagi o charakterze ogólnym

Moja pierwsza uwaga o charakterze ogólnym dotyczy zdania napisanego przez Autora rozprawy na początku strony 30 *Na zużycie powierzchni tocznej kół największy wpływ ma kontakt koła z szyną i związane z tym zużycie ściernie*. Proszę o krótkie jego omówienie.

Druga uwaga dotyczy opinii wyrażonej przez Autora rozprawy na stronie 34, gdzie w pierwszym akapicie możemy przeczytać *Tabor kolejowy, ze względu na swoją złożoność i występowanie w infrastrukturze kolejowej w otoczeniu urządzeń energetycznych, ma istotny wpływ na życie i bezpieczeństwo ludzi, zarówno znajdujących się w pojeździe jak i wokół niego (np. na przejazdach kolejowo-drogowych)*. *Wspomniana złożoność taboru przekłada się na problemy techniczne w zakresie jego obsługi, które można podzielić na trzy grupy zgodnie z pracą [63]*. Proszę o omówienie przez Autora tego zagadnienia.

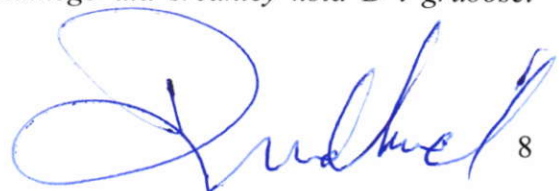
Trzecia uwaga ogólna dotyczy ostatniego zdania w podrozdziale 4.4 *Świadczy to jednoznacznie, że osoba użytkująca pojazd w jednakowym stopniu jak projektant pojazdu, konstruktor oraz jego wykonawca ma wpływ na szybkość procesów zużycia*. Proszę Doktoranta o przedstawienie faktów potwierdzających to sformułowanie.



Ostatnia moja uwaga o charakterze ogólnym dotyczy zdania ze strony 155 (6 wiersz od góry) *Podobne wzrost średnicy kół o najmniejszej średnicy, można uzyskać stosując metodę zamiany wózków z możliwością ich dodatkowego obrotu.* Mam pytanie do Autora jak można uzyskać wzrost średnicy kół w przypadku występowania procesu ich zużycia?

4. Pytania szczegółowe do Autorki pracy

1. Na stronie 48 w drugim zdaniu ostatniego akapitu czytamy *Wspomniany parametr ZK został wyznaczony po analizie statystycznej liczebności pojazdów serii EN97.* Według tabeli 3.4 oznaczenie ZK dotyczy liczby przetoczeń. Proszę Autora o odpowiedź na pytanie jak obliczono wartość parametru ZK?
2. Na stronie 64 można przeczytać, że *Zużycie kół na średnicy tocznej było większe w okresach jesienno-zimowych względem okresów wiosenno-letnich, co szczególnie jest zauważalne na wykresach zmiany średnicy kół w funkcji przebiegu lub czasu eksploatacji.* Proszę Autora o odpowiedź na pytanie, dlaczego tak się dzieje.
3. Na stronie 68 pod tabelą 4.4 czytamy *Średni przebieg analizowanych w zakresie zużycia kół elektrycznych zespołów trakcyjnych pojazdów EN76 do przeglądu P4 wyniósł 611 768,75 km.* W odniesieniu do tabeli 4.3, *pojazdy serii EN76 nie osiągały przebiegu 1 miliona kilometrów w okresie 5 lat. Zestawy kołowe cechowały się dużym zapasem wymiarowym. Właściciel pojazdów zdecydował o zmianie zapisu w DSU o wydłużeniu do 6 lat wykonanie naprawy P4.* Proszę doktoranta o rozwinięcie tego opisu.
4. Na stronie 82 Autor zamieścił rysunek 4.20. prezentujący wartości zużycia całkowitego po pięciu latach eksploatacji oraz wartości zsumowanych przetoczeń na poszczególnych kołach zestawu kołowego. Proszę Doktoranta o przeprowadzenie analizy korelacji dla tych dwóch zmiennych oraz wartości zużycia z rysunków 4.26 oraz 4.27.
5. Na stronie 158 znajduje się tabela 8.9. Proszę Doktoranta o odpowiedź na pytanie, dlaczego zwiększenie przebiegu w [km] nie zmienia się „prawie” liniowo wraz z wydłużeniem czasu w dniach, w przeciwieństwie do zmian wartości tych parametrów zaprezentowanych w tabeli 8.10.
6. Proszę omówić punkt 5 wniosków praktycznych, który brzmi *Zwiększenie wymiaru minimalnego dla średnicy kół lub grubości tarcz hamulcowych niezależnie od wdrożonej koncepcji zarządzania zestawami kołowymi jest uzależnione od liczby okresów przeznaczonych na zamianę zestawów kołowych lub wózków. Im większa liczba okresów zamiany tym większy przyrost wymiaru minimalnego dla średnicy koła D i grubości tarczy hamulcowej T .*



5. Ocena rozprawy i wniosek końcowy

Pomimo przedstawionych przeze mnie w punkcie 3 uwag krytycznych, recenzowaną rozprawę doktorską Pana mgra inż. Armando Miguel Rilo Cañas oceniam pozytywnie. Doktorant wykazał się bardzo dobrą znajomością problematyki prowadzenia badań literaturowych oraz eksperymentalnych w warunkach rzeczywistych, co jest bardzo istotne.

Rozprawa doktorska mgra inż. Armando Miguel Rilo Cañas ma przede wszystkim znaczenie aplikacyjne, a uzyskane wyniki mogą być wykorzystane w praktyce. Autor wykazał się bardzo dobrą analizą stanu zagadnienia oraz zrozumieniem problematyki odnoszącej się do przedmiotu badań. Biorąc pod uwagę całość pracy tj. jej wartość poznawczą i użyteczną oraz znaczący wkład własny uważam, że Doktorant rozwiązał ważny problem z zakresu dyscypliny naukowej **inżynieria lądowa, geodezja i transport**.

Dlatego też stwierdzam, że rozprawa doktorska Pana mgra inż. Armando Miguel Rilo Cañas pt.: „*Koncepcja wydłużenia czasu użytkowania zestawów kołowych w elektrycznych zespołach trakcyjnych*” spełnia wymogi obowiązujących przepisów w odniesieniu do prac doktorskich.

Wnioskuje, zatem o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony. Dodatkowo po pozytywnym przebiegu publicznej obrony wnoszę o **wyróżnienie pracy** ze względu na:

- rozległość badań eksperymentalnych i symulacyjnych przeprowadzonych przez Doktoranta,
- opracowanie nowatorskich koncepcji zarządzania zestawami kołowymi pojazdów szynowych podczas ich obsługi,
- użyteczny charakter rozprawy doktorskiej.



